
鉄鋼物流の概要と川崎製鉄における物流設備・技術の変遷

Progress in the Transportation Technology of Materials and Steel Products at Kawasaki Steel

糠澤 尚夫(Hisao Nukazawa) 武田 孝(Takashi Takeda) 田中 勝(Masaru Tanaka)

要旨：

川崎製鉄では、製鉄所の構内から構外・顧客納入までの一貫物流システム構築を進めている。構内物流の生産性向上については、輸送機器の大型化と無軌道化の推進（キャリア・パレット・システム化）、倉庫内のオペレーター・ガイダンス化、および構内の総合物流管理システムの構築を推進した。構外物流については、ミルエンドから構外物流基地を視野に入れた対応で、全天候バース網の構築と内航物流一貫計画システムの構築、形鋼のユニット一貫輸送、等を図ってきた。本論文は、これらの物流部門における現状と物流改善への取組みについてまとめたものである。

Synopsis：

Kawasaki Steel has developed the total physical distribution systems from acceptance at each production mill-end to delivery of steel products for customers, aiming to establish efficient, speedy and reliable transportation systems. Carrier & Pallet System, Operator Guidance System in warehouse and Computer-integrated Management and Control System for physical distribution inside the works have been established. For steel transportation outside works, for one thing, new all-weather berths which had new mechanical systems were constructed. What is more, Coastwise Transportation Computer-integrated Planning and Administration System have also been developed. The purposes of this paper are to give the outlines of steel transportations inside and outside the steelworks and to summarize from them.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

鉄鋼物流の概要と川崎製鉄における 物流設備・技術の変遷*

川崎製鉄技報
26 (1994) 4, 192-197

Progress in the Transportation Technology of Materials and Steel Products at Kawasaki Steel



榎澤 尚夫

Hisao Nukazawa
鉄鋼企画・営業本部
物流企画部長



武田 孝

Takashi Takeda
鉄鋼企画・営業本部
物流企画部物流企画
室 主査(部長)



田中 勝

Masaru Tanaka
知多製造所 技術部生
産管理技術室 主査(課
長)

要旨

川崎製鉄では、製鉄所の構内から構外・顧客納入までの一貫物流システム構築を進めている。構内物流の生産性向上については、輸送機器の大型化と無軌道化の推進（キャリア・パレット・システム化）、倉庫内のオペレーター・ガイダンス化、および構内の総合物流管理システムの構築を推進した。構外物流については、ミルエンドから構外物流基地を視野に入れた対応で、全天候バース網の構築と内航物流一貫計画システムの構築、形鋼のユニット一貫輸送、等を図ってきた。本論文は、これらの物流部門における現状と物流改善への取組みについてまとめたものである。

Synopsis:

Kawasaki Steel has developed the total physical distribution systems from acceptance at each production mill-end to delivery of steel products for customers, aiming to establish efficient, speedy and reliable transportation systems. Carrier & Pallet System, Operator Guidance System in warehouse and Computer-integrated Management and Control System for physical distribution inside the works have been established. For steel transportation outside works, for one thing, new all-weather berths which had new mechanical systems were constructed. What is more, Coastwise Transportation Computer-integrated Planning and Administration System have also been developed. The purposes of this paper are to give the outlines of steel transportations inside and outside the steelworks and to summarize from them.

1 はじめに

わが国の鉄鋼生産量は概算で1億トン、国内向け出荷が75%から80%である。輸出向けの出荷は25%から20%であるが、国内向けに含まれる自動車や家電等の間接輸出20%を加えると40%を超える。「鉄鋼業は輸送業なり」と言われるほど物流のウエイトは高く、原料の調達からお客様納入まで、Fig. 1に示すように粗鋼1t当たりで約10tの輸送量を必要としている。上昇傾向にある物流コスト削減の成否は企業の収益性や競争力を左右するようになってきている。

鉄鋼の原料調達は、鉄屑の一部と石灰石を除いて輸入に依存し、2.5億トンにも達する。構内輸送の対粗鋼輸送倍率は、熱間圧延、冷間圧延、さらにはメッキや表面処理と加工工程が伸びると一般には増加する。高級品指向で多工程化が進んだにもかかわらず、当社の水島製鉄所の例で示すと1977年が5.6倍、1988年には5.0倍と減少している。これは連続製造化などの工程の連続化による輸送量の減少が寄与している。

鋼材の国内輸送量は年間2億tを超える。工場からの製品出荷は約70%を内航船に、残りの30%をトラックとしているが、お客様

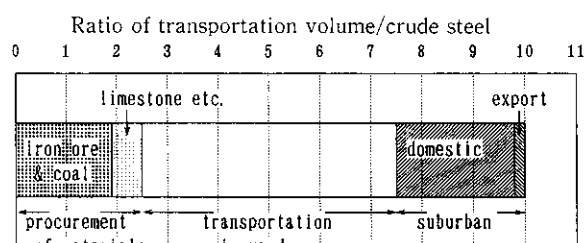


Fig. 1 Ratio of transportation volume to crude steel in Japan

への最終納入（2次輸送）はそのほとんどをトラック輸送に依存している。高度成長期には急増する生産をフォローする形で、鉄鋼各社は内航船による大量輸送システムのメリットを追求して、鉄鋼流通基地の整備(Table 1)を軸に、設備の大型化と省力化により対応してきた^{1,2)}。

1990年には、景気の急速な拡大と内需シフト、不況対策後の工場集約による工場間輸送量の増大などによって国内出荷が急増した。荷役作業要員の不足、内航船やトラック等の輸送手段の不足、流通基地能力の不足などが一挙に顕在化して社会問題ともなり、物流費は高騰した。ところがバブルの崩壊により景気は急速に落込み、余力が生じているのが昨今である。このような物流量の大きな

* 平成6年10月5日原稿受付

Table 1 Number of stock point for physical distribution in Japan

Steel company	A	B	C	D	E	F	G
Coastal	66 (4)	35 (6)	51 (10)	45 (9)	50 (4)	29 (4)	4 (4)
Inland	1	1	7 (7)	1			4 (4)
Total	67 (4)	36 (6)	58 (17)	46 (9)	50 (4)	29 (4)	8 (8)

() : affiliated company's operation

C : Kawasaki Steel Corporation

波動のなかでの物流コストの上昇傾向は一過性の問題ではない。波動対応力のあるフレキシブルな物流体制の構築と、国際競争力を確保できるコストの実現が我々に課せられた課題である。当社におけるこれまでの物流改善への取り組みの概要を以下に紹介する。

2 鉄鋼業における物流の形態と輸送量

2.1 調達物流

主原料の鉄鉱石と石炭を100%輸入に依存する日本の鉄鋼業では、臨海製鉄所の利点を最大限に活用して、原料調達は10万t以上の超大型船を用い海外から搬入する。1年間に鉄鉱石が1億2千万トン、原料炭が6千万tにも達し、これに対応する荷役設備の1基あたりの能力は1500~2500t/hである。鉄鋼業界の多くは設備の更新期を迎えており、連続式アンローダーに着目して導入を推進中である³⁾。副原料として、石灰石、鉄屑、合金鉄などがあり、トータルでの調達物流量は2.5億トンにも達する。

2.2 生産物流（構内物流）

2.2.1 製鉄所構内の物流の現状

製鉄所構内の生産物流の現状は、高温の溶融物、あるいは大量の重量物の運搬であり、鉄鋼業界では各々で独自の超大型・専用車輛を使用している。輸送作業は外部協力会社への依存度が高く、労働集約型作業が残し、コスト的には人件費の占める割合が高かった。当社では1989年から1992年にかけて積極的な合理化投資を行った。

投資の主なものは、キャリアパレットを中心とした車輛の分離化と大型化、および製品倉庫のオペレーターガイダンス化、自動搬送化⁴⁾に構内の総合物流管理システム⁵⁾である。

2.2.2 構内の輸送量

当社水島製鉄所における構内輸送量は、粗鋼生産量を1.0としたときの構内の延べ輸送量を表した輸送倍率で表すと、5.05倍にもなる。Fig. 2に輸送品別の対粗鋼輸送倍率を示す。高温の溶融物である鉄銑のトビードカーによる輸送が1.14、スラブや素材コイル等の半成品輸送が1.62、製品の所内横持ち輸送が1.13ある。その他に、高炉スラグ等の発生品、合金鉄等の製鋼副原料など、いわゆるバラ物輸送が1.16倍を必要としている。

溶けた鉄銑の輸送や圧延素材となるスラブの輸送には鉄道輸送が採用されている。転轍や信号は電機電動式等に自動化され、テレコン方式によるワンマン運転が一般的であるが、完全無人運転化された部分もある。

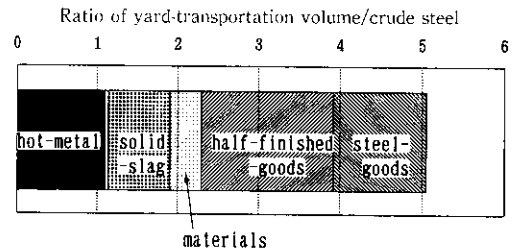


Fig. 2 Ratio of yard-transportation volume to crude steel at Mizushima Works

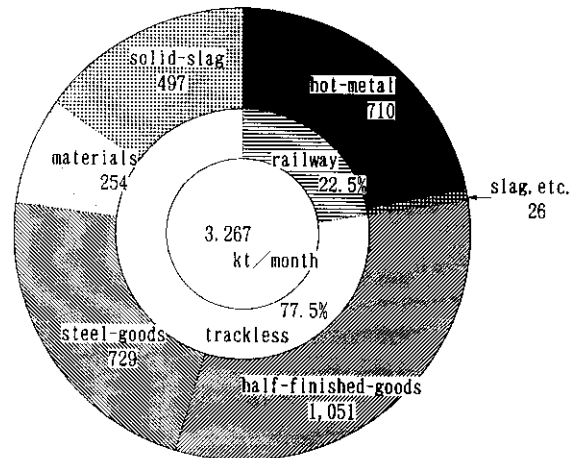


Fig. 3 Volume of yard-transportation at Mizushima Works

半成品、製品、バラ物の輸送は分離型車輛の導入が進んだ。これは業界共通の傾向で、各製鉄所構内での鉄道輸送比率は1977年の51%から昨今は40%以下へと大幅に減少している。また分離型の無軌道車輛を導入して、各社が大型化を推進した結果、1977年から1988年の間に、牽引部の延べ能力は微増であるが台数が26%の減少となっている。これは運転要員の省力につながる。

当社水島製鉄所では、Fig. 3に示すように、無軌道車輛による輸送比率は78%と増加し、鉄道輸送の比率は31%から23%に減少している。製品系では、積載荷重が140t、総重量160tのパレットによる、キャリア&パレット方式をコンピュータによる運行管理システムにより運営している。バラ物等の輸送も、60tのキャリア・パレット・ダンプを主力とするキャリア&パレット方式を導入し、作業の要求から運行管理と費用処理までをカバーするコンピュータシステムで対処している。

2.3 鉄鋼製品の構外物流

わが国において鉄鋼製品は需要家に持込み渡しは商習慣であり、契約時に決められた受渡場所までは、鉄鋼メーカーの責任において輸送される。したがって、製鉄所出荷以降、指定の受渡場所までの輸送・保管・荷役の全てが販売物流の対象となっている。鉄鋼メーカーは次の要因を勘案して製品輸送を運営している。

- (1) 需要家の指定納入条件（納入場所、納期、JIT）
- (2) 最適輸送手段（最小輸送コスト、品質維持、指定納入条件）

2.3.1 製品物流の形態

日本の臨海型製鉄所は、必ずしも需要地に立地していないので、遠隔地に大量の輸送が必要となる。道路事情の悪いわが国では、相対的に輸送コストの安い海上輸送に依存している。その概要は以下

のとおりである。

- (1) 67%が、内航船+流通基地+トラックの組合せで輸送されている。
- (2) 残りの製品輸送は、主として製鉄所からトラックで直接配達される。
- (3) 2次輸送のほとんどがトラック輸送であり、トータル的には国内製品の延輸送量の約70%がトラックに依存する。

中継基地経由の輸送量の6割が、鉄鋼メーカーの直接資本系列の企業が運営する基地を経由し、残りの4割が第三者や公共の物流施設を経由して需要家に納入されている。

一方、輸出品の輸送形態としては、製鉄所の岸壁に直接外航船が接岸する本船積が約90%と大半を占め、その他の10%が小型の船舶、艇などで本船まで輸送する他港積みであった。近年は内需へのシフトが進み、輸送ロットの縮小による他港積み比率が相対的に増加してコストアップとなっており、対応を迫られている。

平均的には上述のとおりであるが、当社水島製鉄所は海上輸送比率が比較的に高くなっている。その概要を Fig. 4 に示す。

2.3.2 海上輸送の実態

鋼材輸送に使用する内航貨物船の船型は、300 DWT (積載トン) から2000 t程度であり、鉄鋼6社が継続的に使用する船は約600隻、全国の貨物船保有量の15%程度になる。鋼材輸送の船型は、1975年が平均で877 DWT に対して1988年には1095 DWT と着実に大型化されてきた。当社における1600型と700型の船型のコスト差は12~15%で1600型への移行意欲は強いが、リードタイム短縮要請による小ロット化の問題が制約となっている。海上輸送の合理化対策としては、(1) 船型の大型化、(2) 省エネルギー、

- (3) 船舶運航管理システム(復荷の確保、碇泊時間の削減、積載率の向上)、等々に取り組んでいる。

2.3.3 中継基地の機能

流通基地は、お客様に製品を受渡する最前線の役割を果たし、海陸一貫輸送の接点として、総合物流管理の重要な核として位置づけられている。鉄鋼の流通基地は全国に約300箇所あり、その内の10%がメーカー基地である。流通基地の必要性を以下に示す。

- (1) 遠隔地へ、大量輸送のメリットを享受しつつ、納入先への小口輸送への切替への結節点となる。
- (2) 出荷調整機能、すなわち、工場の製造・出荷時期と需要家への納入時期の調整、およびその間の保管機能を持つ。
- (3) メーカーの営業政策上、需要地に近い流通基地に在庫を持ちオーダーに充当しながら、出荷するケースもある。
- (4) 需要家の要請による、荷揃え、荷姿等の特殊作業を実施する。
- (5) メーカーから商社に売渡し後、商社より特約店または需要家に納入するまで、商社倉庫としての機能を持つ。
- (6) 荷主代行として、商品品質の維持、および納品時の品質チェック機能を果たす。

2.3.4 構外物流合理化の難しさ

構外輸送の効率化を推進するにあたっては、輸送部門単独での技術的な改善だけでは解決できない点が多い。いくつかの例を示すと以下のとおりである。

- (1) 安全等の観点から、各種の法規制を受ける。

Ex.1 製鉄所構内では、現在200t級の車両が利用されているが構外では車両総重量規制により、原則25t以上の車両

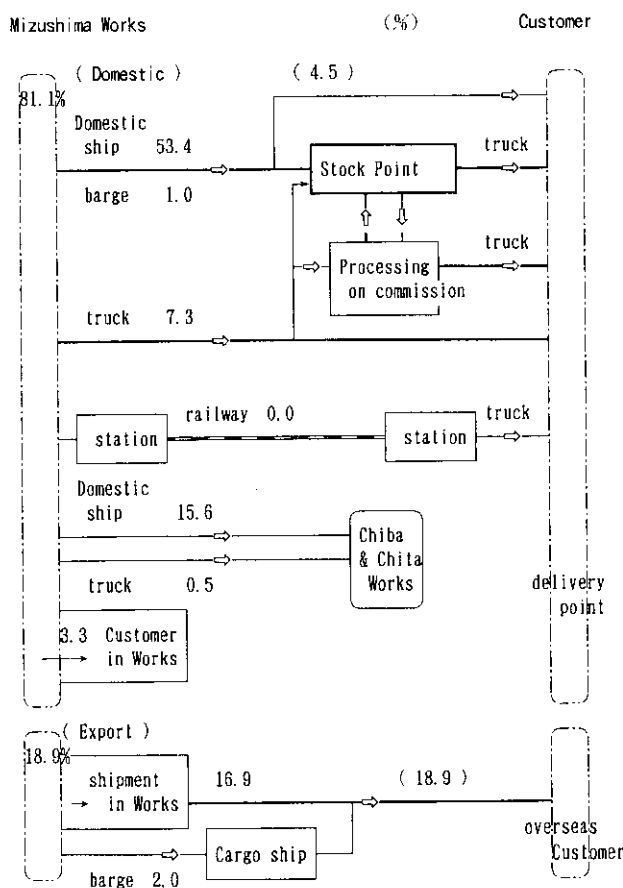


Fig. 4 Flow of suburban transportation from Mizushima Works

の走行は制限されている。

Ex.2 船員法、船舶職員法施行令により、船舶の定員が決められており、内航船の船員の省力化は制限される。

- (2) 事業者の育成や事業の公共的な性格もあり、認可料金制のものがある。沿岸・船内の荷役料金や巡回漕料金は、運輸省の認可料金であり、原則として自由な料金設定ができない。
- (3) 外部環境の制約を多分に受ける。道路事情の悪化による交通の渋滞と納入先でのトラック卸し待ち時間の増大である。このために都市部のトラック輸送は生産性の低下を余儀なくされコスト高を招いている。
- (4) 小ロット・多頻度納入の問題がある。多数のお客さまの最終的な使用に合わせた納入（例えば、ジャストインタイム）要請のために、小ロットで多頻度の輸送となる。また、納入日の確定が1日から2日前になるケースも多く、車輛の大型化等のスケルメリット追求や計画輸送によるロスの排除も困難となっている。
- (4) 全国津々浦々への輸送を行う必要があり、全ての輸送についてその態様・仕様を自らの最適ニーズで設計できず、その地区で入手可能なサービスを購入せざるを得ない。

3 構内輸送作業の効率化

3.1 車輛の大型化と分離化

輸送の効率は、輸送のロットとサイクルタイムおよび投入要員数で大半が決まる。構内輸送においては鉄道もトラックも可能な限りの大型化を追求した。ことにトラック輸送においては、その機動力を活かす方向で徹底した合理化を進め、輸送システムとして確立された。その進展は次のように要約される。

(1) ステップ1—車輛の大型化

平ボデー車、ダンプ、セミトレーラ等の一体型車輛の荷台積載容量を大型化（10t→35t）した。

(2) ステップ2—TT化（トラクター・トレーラー・システム）

分離型車輛を導入、さらに大型化の追求を進めた。トラクターとトレーラーの台数比率は、1対2ないし3である。

(3) ステップ3—CPS化（キャリアー・パレット・システム）

分離型車輛の牽引車にパレットの積卸し機能を付与し、パレットにも後述する多数の機能を持たせる。キャリアーとパレットの台数比率は、1対15ないし30である。

パレットの保管方式とキャリアーのタイプは二つに分けられ、一つは平置方式で、アンダーキャブ、Uフレーム車、等のタイプのキャリアーに対応する。二つめは、パレットの多段積方式であり、ストラドル（コンテナ）キャリアー、フォークリフト等で実施する。当社の水島、千葉両製鉄所と知多製造所で前者を採用、市川サービスセンターでは後者を採用している。

パレットに付与する機能としては、仕分台、輸送の荷台、および、保管機能（前後工程のバッファー）の三つである。この結果として生じる効果は次のようなものがある。

- a. 輸送する前後のクレーン等による積・卸し作業の省略
- b. 上記のハンドリングによる製品や梱包のダメージの防止
- c. 積・卸し作業で生じる牽引車輛の待時間の排除
- d. 幌等による雨天対応によって、保管倉庫の代替が可能
- e. ユニット一貫輸送へ可能性の開拓

(4) ステップ4—ユニット一貫輸送化

工場のミルエンドから物流中継基地、あるいは顧客納入まで

のユニット一貫輸送である。採用する海上輸送方式としては、Lift-On/Lift-Off方式でコンテナ専用船タイプを採用するケースと、Roll-On/Roll-Off方式のフェリー方式がある。

3.2 水島のCPS化と大型化

水島製鉄所における構内輸送車輛の大型化・分離型化の推進状況を、トラクターの保有数、能力、荷台の数、および荷台の積載能力で比較したものをそれぞれ、Fig. 5, 6, 7, 8および9に示す。

1970年代の大型化の推進から、1980年代の中頃よりTT化の推進に移っており、1988年からはCPS化の推進に変わる。一例を製

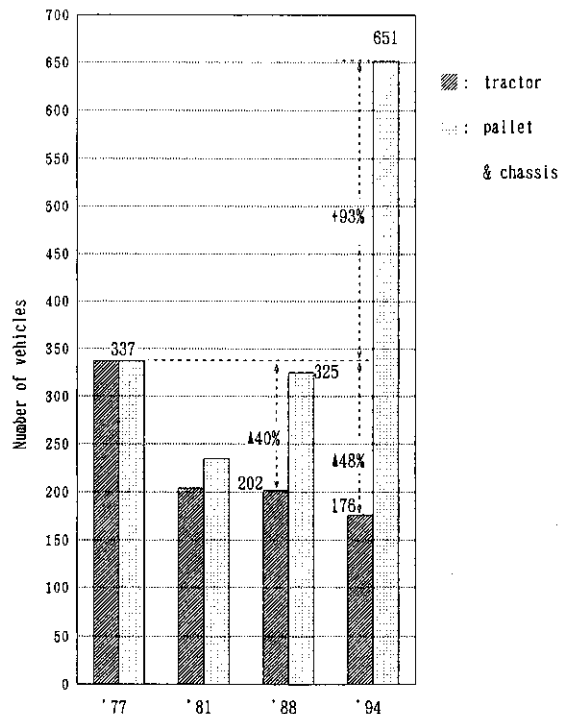


Fig. 5 Number of vehicles at Mizushima Works

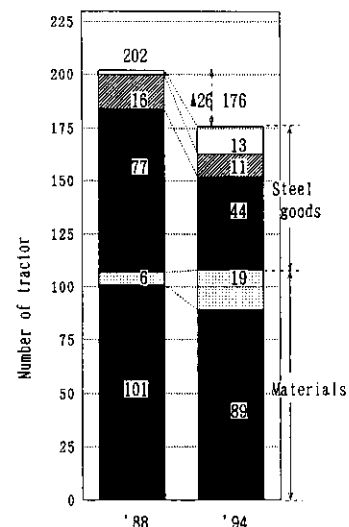


Fig. 6 Number of tractor at Mizushima Works

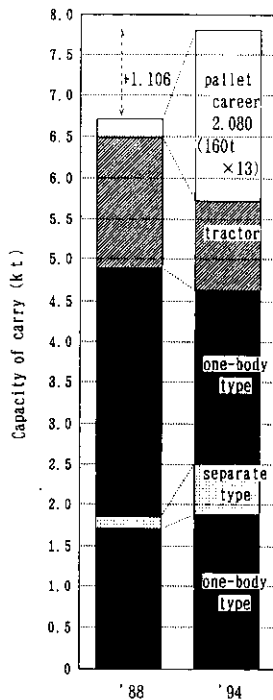


Fig. 7 Capacity of carry at Mizushima Works

F7

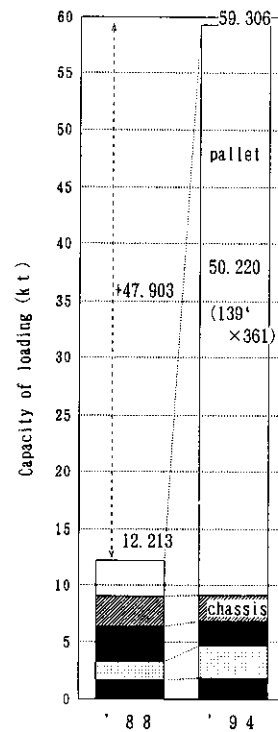


Fig. 9 Capacity of loading at Mizushima Works

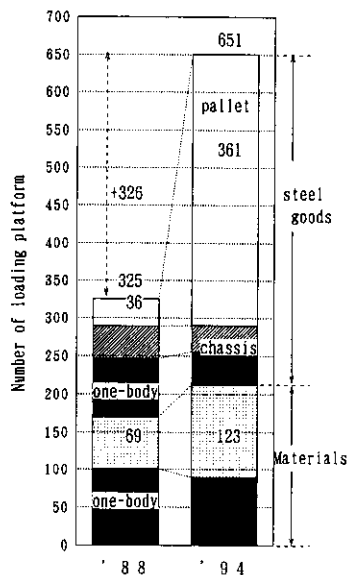


Fig. 8 Number of loading platform at Mizushima Works

品・半製品用でみると次のようになっている。

	キャリアー	パレット
1988年	2台 (110t)	36台 (89t)
1994年	13台 (160t)	361台 (139t)

カッコ内の数字は平均能力である。

バラ物でも、牽引車輛が6台が19台、荷台部は69台が123台となり、平均牽引能力は23tが31tに増大させてCPS化を推進している。その一方で、一体型車輛は製品系で33台、バラ物で12台を各々減少させている。製品系のTT車輛でも、牽引車輛が16台が11台、荷台部は42台が34台と減少している。このような活動は全社的に展開している。

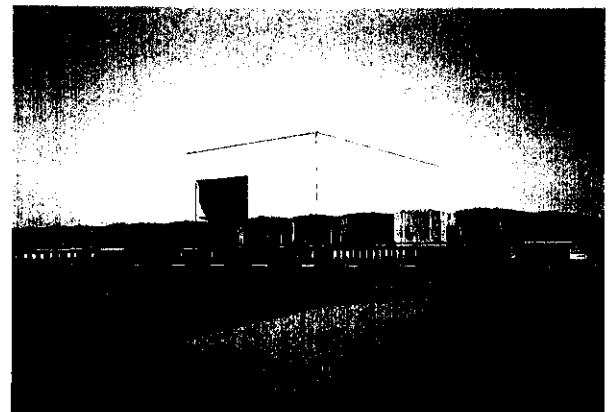


Photo 1 Pallet Center at Mizushima Works

このようにCPS化と共に大型化が推進され、17年間で構内輸送の運転要員の生産性は2倍程度向上している。CPS化のさらに重要なポイントとして、3.1項の(3)で指摘したように、輸送する前後のクレーン等による積卸し作業の省略がある。ミルエンドから倉庫に運んで保管し、改めて岸壁に運んで船積みする従来の輸送工程に対し、ミルエンドで向先ごとに仕分してパレットに積む。キャリアで保管場所に運び、パレット上でそのまま保管することにより、倉庫機能の代替が可能となる。その上に、クレーンによる卸し作業と、岸壁に運んで船積みする時の輸送車輛への積作業が省略され、そのままキャリアで岸壁に運ぶ。すなわち倉庫の荷役作業員が省力される。これは、機械化や自動化とは異なり、作業そのものが省略された理想的な効率化である。パレットセンターの状況を **Photo 1** に示す。

現在の課題は、ミルエンドから顧客納入までのトータルの視点での最適化を考え、一貫輸送をどのように展開するかということであ

る⁸⁾。

3.2 オペレーター・ガイダンス

オペレーター・ガイダンス(operator guidance)とは、コンピュータシステムと連動された端末機器から、荷役や輸送機器のオペレーターに対し、何を・どこから・どこまでの作業情報を具体的に提供することによってワンマンで作業ができるように設計された仕組みである。これにより、クレーンドリッパ作業者の省力と合わせて物品受払い管理の正確化・迅速化を狙ったシステムである。したがって吊具の自動化と現品を特定化するトラッキングのシステムに加え、作業指示や実績情報の収集のシステム化の周辺整備が前提となる。一挙に無人化まで進めるか、オペレーター・ガイダンスによるワンマン化にとどめるかは、作業の多様性、制御の精度、投資の経済性等を勘案して決めることになる。倉庫内作業はFig. 10に示すようにオペレーター・ガイダンスが進展しているが、岸壁の船積作業では全天候バス等の一部で実施されているが、全体では10%程度の普及である。

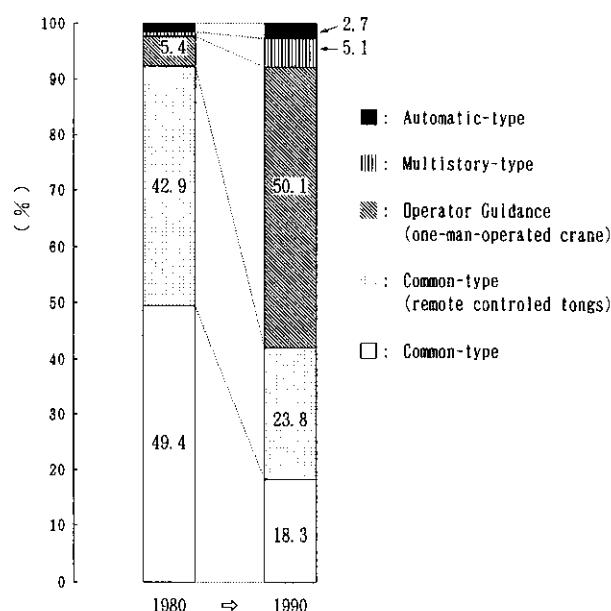


Fig. 10 Efficiency of warehouse rationalization of products warehouse

3.3 全天候バース網の構築

鋼材の輸送は、相対的に輸送コストの安い海上輸送に大きく依存する。当社の場合、約80隻の内航船舶がほぼ専従で就航しており、いかに船を回転させるかが輸送の効率とコストを左右する。鋼材の沿岸船積作業は雨によりたびたび中断される。この作業の中断は、そのまま船積料と荷役料のロスにつながるだけでなく、割高のトラック輸送に切り替える大幅なコスト増に加えて、顧客への納入遅れや海上輸送の船腹不足を招き、たびたび大きな問題に発展していた。内航船のサイクルタイムの内訳は、航走時間率が全体の45%、積地・揚地の荷役時間率が21%、港での待ちが34%もある。この待ちの原因は下記に集約される。

- (1) 積地・揚地での雨天による荷役の中断
- (2) 複数の船の重複入港によって先船の荷役終了を待つ
- (3) 荷役の休止日や夕刻に入港して、翌朝の荷役開始を待つ

ここで、(1)はハードでの対応が必要であり、(2)と(3)はソ

フトの問題である。投入される船舶は循環させながら投入するので、揚地での計画のずれが積地まで波及する。この悪循環を解消するためには、積地だけでなく揚地の状況や計画を把握し、積地と揚地を合わせた一貫で計画を立案し、それを一元的に管理して、船舶の碇泊時間や荷役工数のロスを最小にする仕組みが必要である。

「早く」「安く」かつ品質と納期の「確実」な物流をコンセプトに、1989年にキャリアパレットの増強に合わせて、下記の課題を重点テーマとして取り組んだ。

(1) 全天候バス網の構築⁹⁾

(2) 内航物流一貫計画システム¹⁰⁾

全天候バス網構築の課題は、千葉製鉄所と水島製鉄所については既存の各1基に加えて各々に1基ずつ増設する。知多製鉄所と大阪サービスセンターには各1基を新設して、全社6基体制としたものである。千葉と知多はそれぞれの構内にサービスセンターが設置されており、積地と揚地の両方の役割を果たす。

全天候バス化による岸壁の覆い機構は、雨天対応だけでなく、夏期の灼熱と冬季の寒風対策としても大きな効果があり、屋外作業と屋内作業の切り替えが容易にできるので、作業環境の大幅な改善を実現した。現業部門に好評で、定着率向上と今後の若年労働者確保等に多大の成果が期待される。

4 おわりに

鉄鋼の物流は、重量物の取扱いと波動性が高いという特性の他に、構造的な要因の問題を抱えている。一つは、外部協力会社に依存する物流の労働者不足と高齢化に加えて、若年労働者の就業忌避の問題である。二つめは船腹調整規定による内航船舶の船腹建造規制であり、三つめは社会資本の不備による道路問題であって、総重量規制(車輛総重量25t以下)と交通渋滞によるトラック輸送の低生産性の問題である。

このような状況での近年の物流コストの上昇傾向は一過性の問題ではない。固定費負担が軽く、波動対応力がある抜本的な物流体制の構築と、大幅な物流コストの削減が国際競争力を確保して生き残る唯一の道である。この課題の実現のためには物流部門だけでは限界がある。新時代の物流を求めて販売や生産部門と一体となった体制で、「経営課題」としてシステム構築に取り組み、いわゆるロジスティックスへの進展が急務であり、推進中である。この成果は次の機会に改めて報告したい。

参考文献

- 1) 武田 孝: 「構外物流へのアプローチ——貫物流の最適化をめざして——」, 鉄鋼のIE, 27(1989)2&3, 59-70
- 2) 「特集・鉄鋼業の輸送の現状と今後——構内、製品輸送——」, 鉄鋼界, 34(1984)10, 2-55
- 3) 池田 信, 安田素朗: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 223
- 4) 金沢 功, 真藤健一, 森田昭一郎, 池田 信, 高橋勝信, 芳田清茂: 「千葉製鉄所西工場の製品倉庫および倉庫設備の概要」, 川崎製鉄技報, 18(1986)4, 53-60
- 5) 難波真二, 山下俊二, 島屋紀雄: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 198
- 6) 坂本泰助, 小松誠一, 安本光治: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 203
- 7) 菊地 満, 前田 誠: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 224
- 8) 藤村鉄雄, 市村孝, 木谷光一: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 221
- 9) 安田純光, 上田誠二, 樹 幸治: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 215
- 10) 鈴木和夫, 高 友吾, 檜山 直: 川崎製鉄技報, 26(1994)4, 209